



معرفی برخی از شیوه‌های سنتی و نوین آبیاری و کاشت گیاهان در اراضی بیابانی

گلنوش سوارتندرو^(۱)، سلمان زارع^{(۲)*}، مریم ممبنی^(۳)، خالد احمدآلی^(۴)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه تهران

۲- نویسنده مسئول، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- کارشناس دفتر امور بیابان، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور

۴- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

*نویسنده مسئول: Zaresalman@ut.ac.ir

خلاصه

تخریب خاک در مناطق خشک، نیمه خشک و کم رطوبت یکی از عوامل بیابان‌زایی است، که بر اثر عوامل مختلف از جمله تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی مثل استفاده غلط از اراضی و مدیریت نامناسب خاک‌ها و فرسایش خاک حادث می‌شود. در مناطق بیابانی به علت پوشش گیاهی پراکنده و رطوبت کم خاک، فرسایش خاک بیشتر در غالب فرسایش بادی صورت می‌گیرد. با توجه به گستردگی این مناطق در جهان، حمل ماسه و فرسایش بادی به معضلی جهانی تبدیل شده و هر ساله خسارات فراوانی را برجای می‌گذارد. در همین راستا اجرای طرح‌های کنترل گردوغبار و تثبیت ماسه‌های روان در مناطق بیابانی ضرورت می‌یابد. موثرترین روش کنترل فرسایش بادی، پوشاندن سطح زمین به وسیله گیاهان است که بزرگترین مانع در موفقیت این روش در اراضی بیابانی، کمبود منابع آب و آبیاری است. روش‌های سنتی آبیاری در این پروژه‌های بیابان‌زدایی، به دلیل دمای بالای محیط و سرعت نفوذ کم آب در خاک، قسمت عمده آب تبخیر شده که این منجر به کاهش استقرار و زنده‌مانی گیاهان و نهایتاً شکست پروژه خواهد شد. در این راستا به کارگیری روش‌های نوین آبیاری و کاشت گیاه در عرصه‌های بیابانی، موجب افزایش راندمان مصرف آب و نهایتاً موفقیت هرچه بیشتر پروژه‌های بیابان‌زدایی و کنترل بیابان خواهد شد. در این تحقیق به معرفی شیوه‌های موجود آبیاری در عرصه‌های بیابانی و همچنین شیوه‌های نوین آبیاری و کاشت گیاهان می‌پردازد. بسیاری از این روش‌ها در حال حاضر در کشور اجرا نشده است که پیشنهاد می‌شود با توجه به شرایط اقلیمی ایران این روش‌ها جایگزین شیوه‌های آبیاری سنتی شود.

کلمات کلیدی: آبیاری، پروژه‌های بیابان‌زدایی، زنده‌مانی گیاهان، عرصه‌های بیابانی، فرسایش بادی



مقدمه

بیابان‌زایی به کاهش حاصل‌خیزی اراضی به وسیله یک فرآیند یا ترکیبی از فرآیندها مانند فرسایش آبی، فرسایش بادی، شوری، تخریب پوشش گیاهی تحت عوامل بالقوه طبیعی و انسانی گفته می‌شود. براساس برآوردها نزدیک به ۲۵ درصد از مناطق خشک در سطح دنیا تحت تاثیر پدیده بیابان‌زایی قرار دارند. این پدیده به طور اصلی بر محیط زیست و جوامع بشری از طریق فرسایش خاک، افزایش شدت و فراوانی توفان‌های گردوغبار، کاهش پوشش گیاهی، تغییر در ترکیب پوشش گیاهی یا کاهش پتانسیل تولید، تنوع زیستی و امنیت غذایی تاثیر معناداری دارد. در جهان سالانه بیش از ۷۵ میلیارد تن خاک بر اثر فرسایش از بین می‌رود (رفاهی، ۱۳۹۱). از انواع فرسایش خاک، فرسایش بادی بیشترین تاثیر را در بیابان‌ها دارد (Hashemi et al, 2011). در سطح جهانی حدود ۵۴۹ میلیون هکتار در اثر فرسایش بادی مورد تخریب قرار گرفته (Subramaniam, 2002) Chinappa and (۲۹۶ میلیون هکتار آن دارای فرسایش بادی شدید می‌باشد (Lal, 2003). این پدیده زندگی ۲۵۰ میلیون نفر را در سراسر جهان به طور مستقیم تحت تاثیر قرار داده و زندگی قریب به یک میلیارد نفر را در بیش از ۱۰۰ کشور به مخاطره می‌اندازد. فرسایش بادی و میزان آسیب آن توسط چند عامل خاک، سنگ شناسی، اقلیم، پوشش گیاهی و اثرات انسانی تعیین می‌شود (Nordstrom and Hotta, 2004). فرسایش بادی از دو منظر به منابع زیستی و اقتصادی خسارت وارد می‌نماید. بدین ترتیب که می‌تواند منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، تغییر در چرخه بیولوژیکی، زمین‌شناسی، شیمیایی و یا محیط زیست انسان گردد و از طرفی اراضی مزروعی خاک‌های غنی خود را از دست می‌دهند و همچنین در اثر باقی ماندن ریشه گیاهان در هوای آزاد، نباتات از بین می‌روند. گاهی می‌تواند موادی را با خود آورده و باعث پوشانیده شدن گیاهان به وسیله مواد باد آورده باشد (رفاهی، ۱۳۹۱). از طرفی منجر به تعطیلی مدارس، لغو پرواز هواپیماها، اختلال در عملکرد نیروگاه‌های برق، کاهش منابع آب، اختلال در سیگنال‌های تلویزیونی و افزایش تعداد مراجعات به کلینیک‌ها به دلیل مشکلات تنفسی و غیره می‌گردد (زارع، ۱۳۹۴). به همین منظور تلاش‌های بین‌المللی، فعالیتهای سازمان ملل متحد و پیوستن ۱۹۴ کشور دنیا به کنوانسیون بیابان‌زدایی نشان از گستردگی این بحران دارد. ایران سومین کشوری است که به این کنوانسیون پیوست و به منظور کنترل فرسایش بادی فعالیتهای گسترده‌ای را از سال ۱۳۴۴ آغاز کرده است. این فعالیتهای شامل پروژه‌های اجرایی و مطالعاتی در سطح استانی و ملی می‌باشند که پروژه‌های اجرایی خود به چهار گروه بیومکانیکی (بادشکن)، بیولوژیکی (نهال‌کاری، بذرکاری، بذرپاشی)، فیزیکوشیمیایی (مالچ‌پاشی) و مدیریت رواناب (هلالی آبگیر، پخش سیلاب و...) تقسیم می‌شوند (ورشو ساز، ۱۳۹۰). بهترین و مؤثرترین روش کنترل فرسایش بادی، پوشانیدن سطح زمین به وسیله پوشش گیاهان طبیعی بوده است. لذا حفظ گیاهان موجود و تلاش برای احیای پوشش گیاهی ماسه‌زارها و جلوگیری از تخریب سرزمین باید اولویت خاصی در برنامه‌های مدیریت مناطق خشک و بیابانی داشته باشد. آب یکی از ضروری‌ترین منابع طبیعی و در عین حال، بحرانی‌ترین منبع طبیعی در جهان است که کمبود شدید آن یک نگرانی و چالش جدی جهانی در حال حاضر و آینده محسوب می‌شود. پیش‌بینی‌های به عمل آمده، تا سال ۲۰۳۰ نشان داد که جهان با ۴۰ درصد کمبود آب مواجه خواهد شد که با این روند، در آینده نزدیک بسیاری از مناطق دچار کم‌آبی یا خشکسالی شدید خواهند شد (Binder et al, 2014). نتایج تحقیقات



انجام شده از سوی سازمان خوارو بار کشاورزی (FAO) در ۹۳ کشور در حال توسعه نشان می‌دهد که ذخیره منابع آبی در این کشورها در حال کاهش است، درحالی که جایگزینی این منابع امکان‌پذیر نیست و ۱۰ کشور در شرایط بحرانی قرار دارند که ایران نیز یکی از این کشورها محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت این مسائل، می‌طلبد که از منابع محدود آبی در پروژه‌های بیابان‌زدایی به صورت بهینه و با راندمان بسیار بالا استفاده گردد. علاوه بر این، خرید و تأمین و حمل آب در بیابان، تبخیر زیاد و تلفات آب از طریق هزینه احداث تشتک، پر شدن تشتک در ماسه‌زارها، عدم نفوذ آب به اعماق خاک و تبخیر آب از سطح خاک و همچنین از لایه‌های زیرسطحی در اثر کشش کاپیلاریته، رشد کم نهال‌ها و مرگ‌ومیر آن‌ها سبب شده است تا روش‌های قدیمی در امر آبیاری، آبرسانی و تهیه آب جهت احیای بیابان‌ها به وسیله پوشش گیاهی، اصلاح شود. لذا در برنامه‌های کلان مدیریت کشور و برنامه‌ریزی راهبردی برای توسعه پایدار این مناطق استفاده از روش‌های نوین، کارآمدتر، ارزان‌تر، سازگار با محیط زیست و روش‌هایی که ترجیحاً آب کمتری مصرف گردد را بسیار ضروری نموده است.

مواد و روش‌ها

محور اصلی تحقیق حاضر بر این پایه استوار است که روش‌های نوین آبیاری و کشت گیاه علاوه بر رفع کمبود آب جهت آبیاری گیاهان، جلوگیری از تبخیر زیاد و تلفات آب از طریق هزینه احداث تشتک، عدم نفوذ آب به اعماق خاک همچنین از لایه‌های زیرسطحی در اثر کشش کاپیلاریته، رشد کم نهال‌ها و مرگ‌ومیر آن‌ها، سبب افزایش راندمان تثبیت در ماسه‌زارها نیز می‌شود که در ادامه تعدادی از مهمترین این روش‌ها معرفی می‌گردد.

۱- واتر باکس (Water Box)

این تکنولوژی در واقع کاشت گیاه در زمین‌های خشک، بیابانی، سنگلاخ و کوهستانی بدون استفاده از انرژی و آبیاری است. فناوری گرواسپیس یا واتر باکس روش آبیاری نیست بلکه تکنیک کاشت گیاه متناسب با پتانسیل و توانمندی است که در طبیعت وجود دارد. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است این دستگاه در دو مدل تولید می‌شود، یک نوع از جنس پلی پروپیلن و دیگری مدل یک بار مصرف (تجزیه‌پذیر). واتر باکس دارای مخزنی به گنجایش مشخص (حدود ۱۵ لیتر) است که بعد از کاشت بذر یا نهال در مرکز دهانه واتر باکس، مخزن را از آب پر می‌کنند و از آن پس در مدت یک سالی که این ظرف روی نهال خواهد ماند هیچ آبیاری انجام نخواهد شد و در حقیقت آب موجود در واتر باکس از طریق تعدادی فتیله که رابط بین مخزن و منطقه توسعه ریشه نهال است، به صورت بطئی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (عبدی و همکاران، ۱۳۹۶). این مخزن علاوه بر مقدار آبی که در هنگام کاشت نهال در آن ریخته می‌شود، به دلیل شکل درپوش واتر باکس که قیفی شکل است، قادر است آب ناشی از نزولات جوی را جمع‌آوری و در خود ذخیره کند. علاوه بر این، یک صفحه عایق در زیر درپوش نصب شده است و به دلیل اختلاف دما بین هوای بیرون و درپوش، قطرات شبنم روی درپوش تشکیل می‌شود. وجود آب در اطراف گیاه باعث تعدیل درجه حرارت می‌شود. بنابراین واتر باکس یک میکرواقلیم مناسب برای گیاه یا بذر فراهم می‌کند. در این روش در اطراف نهال علف‌های هرز نمی‌روید. بعد از ریشه دوانی نهال و استقلال درخت از وابستگی به واتر باکس، می‌توان واتر باکس را از

اطراف درخت به آرامی خارج کرده و از آن برای کاشت نهال‌های دیگر در سنوات آتی استفاده نمود (بازگیر و همکاران، ۱۳۹۴). آزمایشات انجام شده در چندین کشور با کاشت بیش از ۳۰۰۰۰۰ اصله از انواع درختان و درختچه‌های مثمر و غیر مثمر در مناطق بیابانی و کوهستانی با درصد بقای ۹۰ درصد، قابلیت این تکنولوژی را برای همگان به اثبات رسانده است (مرادی، ۱۳۹۵).



۱- واترباکس و نحوه استقرار آن در خاک

۲- تکنیک ستون ماسه (Sand Column)

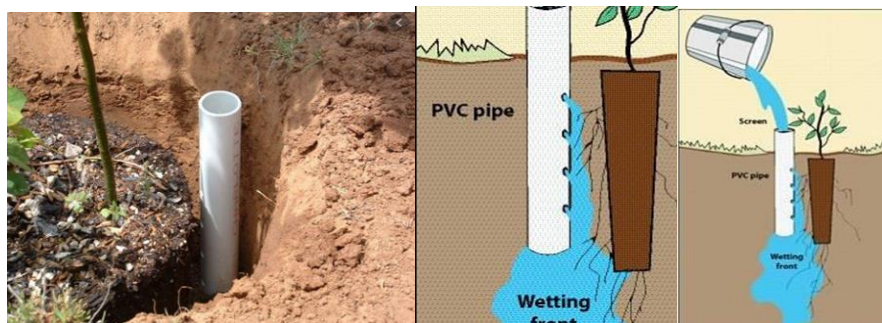
این تکنیک ابتکاری که اولین بار در هند ابداع شد، سبب انتقال سریع آب آبیاری به عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متری خاک می‌شود، که این امکان یعنی انتقال سریع آب از سطح به عمق توسعه ریشه حتی در آبیاری موضعی سطحی نیز فراهم نیست. این روش شامل حداقل ۴ ستون ماسه‌ای در گودال حفر شده برای کاشت نهال می‌باشد. در هند در هنگام کاشت نهال گودالی با ابعاد $70 \times 70 \times 70$ سانتی‌متر حفر می‌گردد. کف گودال از کود کمپوست یا مخلوطی از کود و ماسه یا خاک مناسب تا ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر پوشانده می‌شود. سپس حداقل تعداد چهار لوله PVC به طول حدودی ۱ متر و قطر ۷ تا ۱۰ سانتی‌متر به صورت قائم در گوشه‌های گودال قرار می‌گیرد (شکل ۲). هر یک از لوله‌های PVC تا ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر با ورمی کمپوست یا کود پر شده و سپس با ماسه تا سطح گودال پر می‌شوند. در ادامه نهال در مرکز گودال در موقعیت مناسب و به صورت عمودی قرار می‌گیرد. در انتها لوله‌های PVC با دقت برداشته می‌شوند و در هر گودال، ستون‌های شنی مورد نظر ایجاد می‌شود. براساس تحقیقات انجام شده این روش باعث صرفه‌جویی در مصرف آب با افزایش هدایت هیدرولیکی ریزوسفر و در نتیجه بالا بردن راندمان آبیاری، بالا بردن راندمان استفاده از مواد مغذی، امکان انتقال سریع آب به عمق ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متری ریشه، بهبود ترسیب کربن، افزایش بهره‌وری مصرف آب با بهبود خصوصیات رشدی گیاه (ارتفاع، شاخص سطح برگ، بایوماس اندام هوایی و زیرزمینی) و حتی در شرایط وجود محدودیت منابع آب و خاک می‌گردد (Satyalgopal, 2019).



شکل ۲- تکنیک ستون ماسه و نحوه قرارگیری آن در خاک

۳- آبیاری عمیق منطقه ریشه با لوله پولیکا (Deep Pipe Irrigation)

در این روش از لوله‌ای PVC به قطر ۱ - ۳ سانتی‌متر استفاده شده است. این لوله‌ها به صورت عمودی در خاکی به عمق ۳۰ - ۵۰ سانتی‌متر نزدیک نهال قرار می‌گیرد (شکل ۳). برای جلوگیری از ورود مارمولک و حیوانات به درون آن از یک درپوش بروی دهانه لوله استفاده می‌شود. قسمت بالای لوله ممکن است در نزدیکی زمین یا از سطح زمین ۲۰ - ۴۰ سانتی‌متر بالاتر باشد. لوله‌های عمیق کارایی بهتر استفاده از آب و کنترل علف‌های هرز را فراهم می‌کنند. همچنین در دامنه شیب‌دار امکان استفاده سریع و کارآمد و بدون هدر رفتن آب را فراهم می‌کنند. آبیاری لوله‌های عمیق، حجم ریشه بسیار بیشتری نسبت به سایر اشکال آبیاری ایجاد می‌کند. در مراحل رشد اولیه برای تسهیل رشد ریشه، در قسمت پایین لوله در نزدیکترین قسمت به ریشه گیاه، باید سوراخ‌هایی با قطر ۱ - ۲ میلی‌متری و با فاصله ۵ - ۷/۵ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد کرد. عمق لوله‌های قرار گرفته در کنار ریشه باید متناسب با عمق ریشه دوانی گیاه مورد نظر باشد. به طور کلی کف لوله نباید عمیق‌تر از ریشه باشد. این روش جزو روش‌هایی است که در مسیر انتقال آب به ناحیه ریشه، سطح خاک را دور می‌زند و مستقیماً آب را به ناحیه ریشه می‌رساند و با کم کردن تلفات تبخیر سبب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌گردد. میزان آب تخلیه شده به خاک بستگی به اندازه لوله (قطر و عمق آن) دارد که اندازه لوله با توجه به نوع گونه گیاهی، نوع خاک و اقلیمی که گیاه در آن کشت شده فرق دارد. در این روش معمولاً بعد از گذشت حدود یک سال و استقرار کامل نهال، لوله‌ها خارج شده و می‌تواند برای مکان دیگری مورد استفاده قرار گیرد (Bainbridge, 2006).



شکل ۳- نمایی از آبیاری عمیق ریشه با استفاده از لوله پولیکا

۴- کاشت قلمه با فشار کم جت آب (Low Pressure Water Jet Plantation)

حرکت ماسه‌ها اغلب باعث پر شدن گودال حفر شده جهت کشت قلمه می‌گردد. بارندگی کم و نامنظم از سوی دیگر منجر به ایجاد بستر نامناسب برای گسترش ریشه‌ها در ماسه‌ها می‌شود. کشت با جت آب از جمله روش‌های کشت قلمه در عمق زیاد خاک می‌باشد. وسایل مورد نیاز در این روش شامل تانک آب، شیلنگ و موتور پمپ جهت تزریق آب به خاک می‌باشد که با فروبردن لوله به درون ماسه با فشار کم آب، حفره‌ای مرطوب جهت کشت گیاه فراهم می‌گردد. بعد از ایجاد حفره با عمق مورد نظر در خاک، قلمه‌ها در حفره کاشته می‌شوند (شکل ۴). در این روش به دلیل عمق زیاد قلمه و همچنین رطوبت بیشتر در

لایه‌های زیرین ماسه‌زار و امکان استفاده از آب زیرزمینی بیشتر شده و در نتیجه احتمال استقرار و زنده‌مانی قلمه افزایش می‌یابد. از طرفی عمق زیاد قلمه در هنگام وزش باد از خاک خارج نمی‌گردد. اگر پوشش روی خاک برهم نخورد، تلفات رطوبت تبخیری کاهش می‌یابد و کنترل علف‌های هرز بهبود می‌یابد.



شکل ۴- نمایشی از واترجت

۵- کاشت قلمه با مته (Auger)

در عرصه‌هایی که دارای بافت متوسط می‌باشند و به دلیل نبود ماشین، پمپ، آب و یا سایر ادوات و همچنین شرایط توپوگرافی، امکان حفر گودال با روش جت آب امکان پذیر نباشد، می‌توان از مته استفاده کرد (شکل ۵). در این روش با استفاده از مته گودال مورد نیاز جهت کشت قلمه حفر می‌گردد و قلمه‌های بلند درون گودال ایجاد شده کاشته می‌شوند. همان‌طور که در روش فشار کم آب بیان شد در این روش نیز علاوه بر استقرار قلمه‌ها، رطوبت مورد نیاز برای رشد گیاه، از رطوبت لایه‌های زیرین ماسه‌ها در دسترس ریشه قرار می‌گیرد. این روش نیز مانند روش جت آب در مدت بسیار کوتاهی می‌توان تعداد بسیار زیادی نهال کشت کرد (زارع، ۱۳۹۴).



شکل ۵- نمایشی از کاشت با مته در اراضی با بافت سبک

۶- مخروط آب (Watercone on Earth)

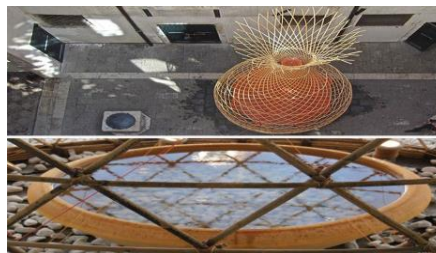
مخروط آب برای استحصال آب و آبیاری و کاشت نهال در مناطق بیابانی می‌تواند استفاده شود، در شکل ۶ مخروط آب قابل انعطاف را نشان می‌دهد که از پلی‌کربنات ساخته شده و در نوک، دارای یک درپوش به صورت پیچ شده است، که در واقع یک آب شیرین‌کن خورشیدی ساده است که آب‌های حاوی نمک شور یا لب شور و حتی آلوده به فلزات سنگین را می‌گیرد و آب قابل شرب از آن خارج می‌شود (Augustin, 2007). همچنین از آن جایی که در این مخروط از انرژی خورشیدی به جای گاز یا برق برای شیرین سازی آب دریا استفاده می‌شود برای مردم بیابان نشین بسیار مفید و از بیابان‌زایی جلوگیری می‌کند. در کشوری مانند اتیوپی که فقط یک چهارم زمین‌های قابل کشت، مورد کشاورزی قرار می‌گیرد و آن هم به علت محدودیت فناوری کشاورزان بیشتر گیاهان وابسته به آبیاری از طریق آب باران باشند امروزه به علت خشکسالی‌های پیاپی کشاورزی را در آنجا با مشکل رو به رو کرده است. به همین منظور Roots Up Dew Collector را طراحی کردند. این گلخانه‌ها به منظور جمع‌آوری آب باران و مه طراحی شده است. در همین راستا در شکل ۷، یک Dome collectors نشان داده شده است که برای کشورهای خشک و مه آلود مانند اتیوپی یا حتی کالیفرنیا و یا آریزونا در ایالت متحده مناسب است. ساختار گنبد مانند آن از ورقه‌های پلاستیکی برای به دام انداختن بخار آب در طول روز استفاده می‌کند و آن را به شب‌نمی تبدیل می‌کند که پس از قرار گرفتن در معرض هوای خنک عصرگاهی به آب تبدیل می‌شود و سپس به یک مخروط قیف مانند وارونه که در داخل آن قرار دارد، می‌ریزد. به دلیل عدم نیاز به هیچ یک از اجزای مکانیکی (موتور و غیره)، دستگاه می‌تواند سریع از مکانی به مکان دیگر منتقل شود. سادگی آنها باعث می‌شود تا در مناطق خشک توسعه نیافته راه حل خوبی باشند. علاوه بر این، می‌توان از این مخروط برای پرورش محصولاتی که در زیر مینی‌گلخانه‌های پلاستیکی واقع شده‌اند نیز استفاده کرد (Picow, 2015). از دیگر جمع‌کننده‌های مه می‌توان به Bamboo warka water tower اشاره کرد (شکل ۸). در نگاه اول برج‌های گلدانی شکل به ارتفاع حدود ۹ متر مشاهده می‌شود، که به نام یک درخت انجیر بومی اتیوپی نام‌گذاری شده است. سازه‌های بزرگ ۹ متری و ۴۰ کیلوگرمی از ساقه‌های یونکوس یا بامبو بافته شده و به عنوان قاب گلدان برج قرار گرفته‌اند. در داخل، یک مش پلاستیکی ساخته شده از الیاف نایلون و پلی‌پروپیلن به عنوان میکروتونل برای جمع‌آوری روزانه آب استفاده می‌شود. هنگامی که قطرات تشکیل می‌شوند، در امتداد مش به تشتکی در پایه برج‌ها می‌ریزند. با جمع‌آوری بخار آب جوی به این روش، تخمین زده می‌شود که حداقل ۲۵ گالن آب آشامیدنی می‌تواند توسط برج‌ها به طور پایدار و بهداشتی هر روز جمع‌آوری شود. از آنجا که مهمترین عامل در جمع‌آوری میعانات، اختلاف دما بین شب و طلوع آفتاب است، برج‌ها حتی در کویر، جایی که اختلاف دما در آن زمان، می‌تواند تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد متفاوت باشد، موفقیت آمیز است. برج وارکا، اتیوپی، به عنوان یکی از ۲۰ پروژه منتخب جایزه معماری آکاخان ۲۰۱۹ بوده است (O'Keefe, 2014).



شکل ۶- نمونه‌ای از مخروط آب



شکل ۷- نمونه‌ای از جمع‌کننده‌های گنبدی شکل



شکل ۸- نمونه‌ای از جمع‌کننده مه به شکل برج

۷- گلدان سفالی مدفون شده (Buried Clay Pot)

سیستم‌های آبیاری سفالی در دو دسته کلی آبیاری کوزه‌ای و آبیاری با لوله‌های تراوای رسی تقسیم‌بندی می‌شود که در هر دو سیستم آب داخل محفظه تراوای بدون لعاب در زیر خاک قرار داده می‌شود و در اثر اختلاف پتانسیل به محیط خاک تراوش می‌کند. خاستگاه این سیستم ایران و کشورهای شمال آفریقا ذکر شده است و در حال حاضر علاوه بر ایران، هند، پاکستان و کشورهای خاورمیانه، در کشورهای آمریکای لاتین نیز استفاده می‌شود. در این روش برای آبیاری از یک گلدان سفالی دفن شده و بدون لعاب استفاده می‌کنند (شکل ۹). آب از طریق دیواره‌های گلدان خاک رس دفن شده به سرعت نفوذ می‌کند، بخشی از آن آب توسط گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد و منجر به افزایش بازده آبیاری می‌شود. انتقال آب کنترل شده با این روش آبیاری، برای نهال‌های جوان، آب ثابتی را حتی در دوره‌هایی با درجه حرارت بسیار بالا، رطوبت کم و باد خشک فراهم می‌کند. آب مورد نیاز گلدان‌های سفالی دفن شده را می‌توان با دست پر کرد یا به مخزن یا شبکه لوله‌های متصل کرد (همانطور که در شکل ۹ مشخص است). بروی این گلدان‌ها دربی تعبیه می‌شود تا از طریق آن از ورود حیوانات به داخل آن جلوگیری شود. برای دور ماندن از وزش باد و بلند شدن این درب‌ها می‌توان بر روی آن‌ها سنگ گذاشت (Bainbridge, 2006). این سیستم از جمله سیستم‌های آبیاری سنتی پر بازده است که دارای ساختاری بسیار ساده است و با مصالح محلی قابلیت

تولید دارد. در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا در اراضی کوچک، مناطق دورافتاده و کم درآمد و صعب‌العبور با شیب زیاد برای آب‌های شور و باکیفیت پایین کاربرد دارد.



شکل ۹- نمایی از گلدان‌های سفالی مدفون شده

۸- آبیاری فیتيله‌ای (Wick Irrigation)

سیستم‌های فیتيله‌ای برای اولین بار در هند و همراه با آبیاری گلدان خاک دفن شده مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری فیتيله‌ای شامل استفاده از یک طناب به عنوان فتيله برای تأمین آب ریشه گیاهان در زیر سطح خاک و در نتیجه به حداقل رساندن تبخیر است. (از لوله‌های پلاستیکی برای جلوگیری از تبخیر فیتيله‌ها و پوشیدن آن‌ها هم می‌توان استفاده کرد). آب داخل گلدان یا ظرف آب را می‌توان توسط یک فتيله به خاک منتقل کرد. در ابتدا، آب با عمل مویرگی از طریق فتيله حرکت می‌کند. بعداً، آب به طور مداوم از طریق فتيله کشیده می‌شود تا جایگزین آب ریشه گیاهان شود (شکل ۱۰). از مزایای آبیاری فتيله ای می‌توان، به کاهش مصرف آب اشاره کرد زیرا تبخیر کاملاً حذف شده است، همچنین ممکن است مشکلات کمتری در تجمع نمک داشته باشد، زیرا آب در سطح تبخیر نمی‌شود و نمک را در سطح باقی نمی‌گذارد. عملکرد آن در زمین‌های هموار و شیب‌دار یکسان است. نصب به برنامه‌ریزی یا طراحی زیاد یا نیروی کار بسیار ماهر نیاز ندارد. بیشتر طناب‌ها را می‌توان برای فتيله زدن استفاده کرد اما سرعت جریان متفاوتی دارد. معمولاً انتهای فتيله طناب به دور یک گیاه (شاید یک نهال درخت) پیچیده و با خاک پوشانده می‌شود. در جایی که فتيله باید در معرض آفتاب قرار گیرد، برای جلوگیری از تبخیر با فیلم پلاستیکی یا لوله پیچیده می‌شود. برای افزایش جریان، می‌توان ظرف را در ارتفاع بالاتری قرار داد. خاک اطراف فتيله به زودی اشباع می‌شود. فتيله‌های نایلونی، اکریلیک و پلی‌استر اغلب می‌توانند برای بیش از یک فصل استفاده شوند. برخی از طناب‌های ساخته شده از پنبه یا جوت در ابتدا به خوبی قابل استفاده هستند، اما سریع می‌پوسند. قبل از آزمایش، فیتيله‌ها در مواد شوینده شسته شود و حدود دو ساعت در آب بماند، سپس هر فتيله روی یک ظرف آب قرار گیرد. همان‌طور که در شکل ۱۰ مشخص است، سوراخ یا سوراخ‌هایی در گلدان خاک رس دفن شده ایجاد شود و یک فتيله متخلخل ساخته شده از پنبه یا مواد دیگر در سوراخ قرار می‌گیرد. این فیتيله آب را از ظرف به داخل خاک می‌یزد و یک منبع آهسته و مداوم آب برای افزایش رشد ریشه و رشد گیاه فراهم می‌کند (Bainbridge, 2006).



شکل ۱۰- نمایی از چگونگی

آبیاری فیتيله‌ای

۹- کپسول‌های متخلخل (Olla Pots/ Porous Capsule)

آبیاری کپسول متخلخل سازگاری مدرن و کارآمدی از آبیاری گلدان خاک رس مدفون است. کپسول‌های متخلخل (ollas) نیز گفته می‌شود. که با خاک رس متخلخل با آتش کم ساخته می‌شوند و می‌توان آن‌ها را راحت‌تر از گلدان‌های خاک رس دفن شده به شبکه لوله کشی بست و یا به یک بشکه بزرگ آب متصل کرد. همچنین می‌توان آن‌ها را با چسباندن گلدان‌های سفالی به یکدیگر ساخت (شکل ۱۱). این روش نسبت به آبیاری با گلدان سفالی مدفون و آبیاری با لوله‌های عمیق هزینه ساخت و نصب بالاتری دارد. کپسول‌های متخلخل به اندازه قطره‌چکان‌ها در برابر گرفتگی حساس نیستند، اما تمیز کردن آن نسبت به گلدان سفالی مدفون شده سخت‌تر است و ممکن است در نهایت از رسوب یا رشد باکتریایی، قارچی یا جلبکی مسدود شوند. از آن جایی که هریک از کپسول‌ها پس از تخلیه مجدداً پر می‌شوند، هریک از گیاهان نیاز آبی خود را بر اساس کپسول تنظیم می‌کنند. اگر زمین به اندازه کافی مرطوب باشد، کپسول‌های سفالی آب اضافی دریافت نمی‌کنند، بنابراین یک سیستم آبیاری پایدار کاملاً متناسب با نیازهای گیاهان امکان پذیر می‌شود. در گذشته این کپسول‌ها به صورت سنتی هر چند روز پس از آبیاری باید پر می‌شدند، ولی امروزه با استفاده از یک مخزن آب از نیروی جاذبه برای آبیاری گیاهان به طور خودکار و مستقیماً به منطقه ریشه در مکان مورد نیاز استفاده می‌شود. این روش تقریباً رواناب و تبخیر معمول در سیستم‌های آبیاری سنتی را از بین می‌برد. از مزایای این روش می‌توان به آبیاری طبیعی از طریق نیروی جاذبه بدون نیاز به پمپ برق اشاره کرد و همچنین این روش آب را دقیقاً در منطقه‌ای که گیاه به آن نیاز دارد می‌رساند و گیاه به طور مداوم به آب دسترسی دارد و استرس کمتری را متحمل می‌شود (Bainbridge, 2006).



شکل ۱۱- نمایی از کپسول‌های متخلخل

۱۰- شیلنگ متخلخل (Porous Hose)

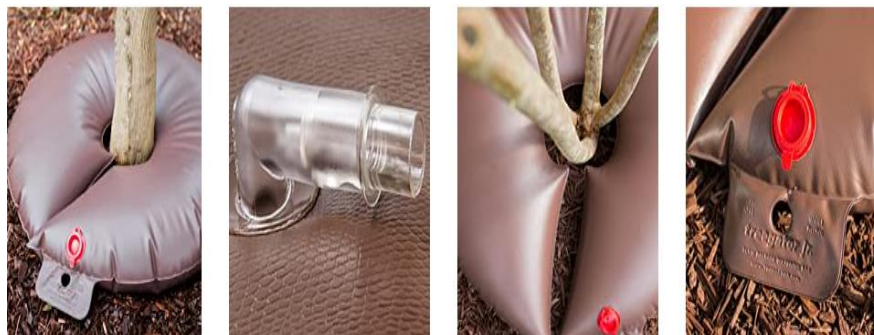
سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا به نوعی آبیاری میکرو یا کامل شده‌ی سیستم آبیاری قطره‌ای گفته می‌شود، با این تفاوت که به جای لوله‌های سوراخ‌دار از لوله‌های اسنفجی به نام تراوا استفاده می‌شود (شکل ۱۲). در این روش بسیاری از مشکلات مثل تبخیر، گرفتگی منافذ، آسیب پذیری، جمع شدن ریشه‌ها و غیره را از بین می‌برد. آبیاری تراوا با آبیاری قطره‌ای تفاوت کوچکی دارد که آبیاری به صورت نشتی و زیرزمینی انجام می‌شود. شیلنگ متخلخل یا لوله تراوا را می‌توان قبل از کاشت گیاه با استفاده از مته به هر عمق دلخواه نصب کرد یا هنگام کاشت گیاه می‌توان شیلنگ متخلخل را نیز در خاک قرار داد. این شیلنگ را می‌توان به بطری آب یا مخزن و یا سیستم توزیع متصل کرد. انتقال آب توسط شیلنگ متخلخل از طریق ستون خاک، شرایط عالی برای رشد عمیق ریشه گیاهان فراهم می‌کند. از مزایای این روش می‌توان به صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از ایجاد رواناب اشاره کرد. این سیستم توانایی انتشار آب به طور یکنواخت و تحت کنترل را داشته و به خوبی ریشه گیاه را آبرسانی می‌کند. از آنجایی که برای اجرای این روش هیچ ابزار یا چسب خاصی لازم نیست، با کاهش قابل توجه هزینه اجزای این سیستم در مقایسه با سیستم‌های آبیاری معمولی یک روش مقرون به صرفه به شمار می‌رود (Bainbridge, 2006).



شکل ۱۲- نمایی از شیلنگ متخلخل و نحوه استقرار آن در خاک

۱۱- Tree Gator JR Pro

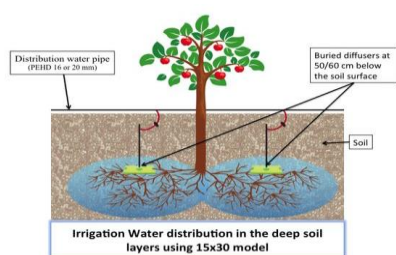
کیسه آبیاری با ظرفیت تقریباً ۱۵ گالن است که آب را به آهستگی از خود آزاد می‌کند. برای درختان، بوته‌ها و همیشه سبزه‌ها مناسب است. این کیسه‌ها حجم زیادی از آب را مستقیماً به ریشه منتقل می‌کنند بدون آنکه تبخیر صورت گیرد و باعث تقویت رشد ریشه عمیق گیاه، کاهش قابل توجه اثرات خشکسالی و تنش گیاه و همچنین جلوگیری از جاری شدن روانابی می‌شود. این کیسه‌ها برای درختان کم شاخه و بوته‌هایی با شاخه‌هایی که حداقل ۱۵ سانتی‌متر از سطح زمین شروع می‌شوند مناسب است. گسیل‌کننده‌های دو طرفه PVC به طور مداوم در دوره زمانی ۵ - ۸ ساعته آب را تامین می‌کند. برای اکثر کاشت‌های جدید فقط ۵ - ۷ روز یک بار لازم است دوباره پر شوند. به جهت پر کردن آن‌ها کافی است درپوش شیر قرمز باز و یک شیلنگ وارد آن شود (شکل ۱۴). دفعات مناسب آبیاری ممکن است بسته به عوامل مختلفی مثل نوع درخت، خاک و اقلیم و .. متفاوت باشد. این کیسه‌ها از PVC قهوه‌ای فشرده است و در برابر اشعه ماورابنفش محافظت شده می‌باشد. از مزایای آن می‌توان گفت این وسیله به راحتی در کمتر از ۵ دقیقه و بدون ابزار نصب و پر می‌شود.



شکل ۱۴- نمایی از کیسه آبیاری Tree Gator JR Pro

۱۲- دیفیوزورهای دفن شده (Buried Diffuser)

یک روش جدید برای آبیاری زیرزمینی است که می‌تواند برای درختان و بوته‌ها، سبزیجات در مزارع و گیاهان در ظروف، گلدان‌ها یا جعبه‌ها استفاده شود. همچنین برای تزریق آب و ذخیره آن در لایه‌های عمیق خاک استفاده می‌شود. علاوه بر آبیاری منظم از دیفیوزور می‌توان برای آبیاری پیش‌بینی شده و تزریق آب در لایه‌های عمیق خاک استفاده کرد. هدف، ذخیره‌ی مقدار زیادی آب دریافت شده در فصل مرطوب، برای فصل خشک بعدی است. این وسیله امکان بهره‌برداری از منابع آبی را که معمولاً در طی سال‌های بارانی و بارندگی زیاد از بین می‌روند، را فراهم می‌کند. دیفیوزورها آب تزریق شده در لایه‌های عمیق خاک (۶۰ سانتی متر زیر سطح خاک) را نگهداری می‌کند و بعداً توسط سیستم‌های ریشه‌ای عمیق درختان در یک دوره طولانی خشکسالی (۶ ماه تا ۳ سال) استفاده می‌شود. همانطور که در شکل ۱۵ مشخص است، دیفیوزورهای مدفون در حفره‌هایی ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر زیر سطح خاک نصب می‌شوند. قبل از کاشت درخت می‌توان دیفیوزورها را در مزارع نصب کرد. در این حالت دیفیوزورها باید ۵۰ تا ۷۰ سانتی متر از محور درخت فاصله داشته باشند. برای آبیاری بوته‌ها و گیاهان چندساله، دارویی یا زینتی، دیفیوزورها در سوراخ‌هایی به عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر زیر سطح خاک و ۲۰ سانتی‌متر دورتر از محور گیاه نصب می‌شوند. استفاده از دیفیوزورهای مدفون، برای درختان چندین مزیت دارد، از جمله صرفه‌جویی عظیم در مصرف آب، صرفه‌جویی در انرژی، کاهش علف‌های هرز، کاهش بیماری‌های گیاهی و کاهش فرکانس آبیاری. برای نصب دیفیوزورها برای درختان و بوته‌ها، اگر کانوپی بین ۱ - ۲ متر است توصیه می‌شود ۲ دیفیوزور نصب شود، اگر کانوپی بین ۲ - ۴ متر باشد سه دیفیوزور نصب می‌شود و بیشتر از ۵ متر توصیه می‌شود ۴ - ۶ دیفیوزور قرار گیرد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نمایی از دیفیوزور دفن شده

۱۳- کاشت نهال درون لوله

در این روش پس از کاشت نهال، لوله را در اطراف آن در خاک فرو می‌کنند و سپس برای آبیاری نهال آب را به درون لوله می‌ریزند که در مصرف آب صرفه‌جویی شده و هدررفت آب کاهش می‌یابد و تبخیر به حداقل می‌رسد. از طرفی در این روش یک میکروکلیم مفید برای کمک به بقای نهال ایجاد می‌کنند. هدف از این روش جلوگیری از فرسایش خاک و محافظت از خاک است در عین حال گیاهان در این روش ریشه‌های خود را به حالت عمودی بیشتر رشد می‌دهند در نتیجه استقرار گیاه افزایش می‌یابد. برای کاشت گیاه درون لوله می‌توان از لوله‌ها در جنس‌های مختلف سفالی، سیمانی و حتی لوله‌های PVC استفاده کرد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- نمایی از لوله‌ها جهت استقرار و کاشت گیاه در آن

بحث و نتایج

Han و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند، از آن جایی که در بیابان آب کم است برای آبیاری باید از روش‌های آبیاری مصنوعی و شیوه‌های نوین آبیاری برای پایین آوردن هزینه‌های آبیاری برای تثبیت ماسه‌ها استفاده کرد. بنابراین توسعه روش‌های آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب مانند آبیاری قطره‌ای و آبیاری نفوذی ضروری است که این نتیجه با نتیجه‌گیری به عمل آمده در این مقاله مطابقت دارد. حاجبی و مفتاح هلقی (۱۳۹۱) بیان کردند، استفاده از لوله‌های PVC متخلخل هزینه و نیاز آبی بسیار کمتری دارد و در مقابل، محیط ریشه را بهتر مرطوب می‌نماید که این باعث رشد و بقای گیاه می‌شود در همین راستا Bainbridge (۲۰۰۲) با استفاده از لوله عمیق، حفاظ‌های درختی و لوله سوراخ شده، گلدان‌های رسی دفن شده، آبیاری فیتیل‌ای، کپسول متخلخل نشان داد که این روش‌ها سبب افزایش چشمگیری در بقا و رشد گیاهان در شرایط بیابانی می‌گردد. همچنین وی در سال ۲۰۰۶ از لوله‌های عمیق جهت آبیاری استفاده کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری لوله‌های عمیق حجم ریشه بسیار بیشتری نسبت به سایر روش‌های آبیاری ایجاد کرد. لوله‌های عمیق را می‌توان در پایان فصل جمع‌آوری کرد تا امکان عملیات خاک‌ورزی در مزرعه فراهم شود و برای استفاده مجدد به راحتی می‌توان از یک مکان به مکان دیگر منتقل



کرد. در این نوع آبیاری می‌توان از آب با کیفیت کم نیز استفاده کرد. با مواد ساده و نیروی کار غیرماهر قابل تنظیم است. لوله‌های عمیق راندمان بهتری در استفاده از آب (به دلیل کاهش تبخیر) ایجاد کرده و رشد و رقابت علف‌های هرز را کاهش می‌دهد. Van و همکاران (۲۰۱۶)، بیان کردند، سیستم قطره‌ای با لوله‌های عمیق بسیار کارآمدتر از آبیاری قطره‌ای سطحی یا آبیاری سطحی معمولی است. گسترش ریشه به صورت افقی به ۱۰۰ سانتی‌متر با آبیاری معمولی می‌رسد و با آبیاری قطره‌ای سطحی ریشه تا ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد اما با این روش آبیاری تا ۱۷۸ سانتی‌متر هم می‌رسد. آبیاری لوله‌های عمیق حجم ریشه بسیار بیشتری نسبت به سایر اشکال آبیاری ایجاد می‌کند و همچنین به تولید گیاهی کمک می‌کند تا استقرار و سازگاری بهتری پیدا کنند. Satyogopal (۲۰۱۹)، از روش نوآورانه ستون ماسه استفاده کرد. به این صورت که این روش شامل تشکیل بیش از ۴ ستون شن و ماسه و ماسه در گودال‌ها هنگام کاشت نهال برای انتقال آب به کل ریشه و ایجاد محیط مناسب در ریزوسفر برای تسهیل آب و جذب مواد مغذی توسط ریشه در سطوح مختلف است. نتایج تحقیق نشان داد که این روش باعث انتقال سریع آب آبیاری به عمق ۶۱ - ۹۱ سانتی‌متر، برای رشد درختان می‌شود. همچنین حفظ آب، افزایش راندمان استفاده از آب، تقویت مواد مغذی، افزایش سطح برگ، افزایش بهره‌وری و بازده، هزینه کم، افزایش نفوذپذیری و رشد بیشتر و سالم‌تر نهال‌ها را تضمین می‌کند. براساس تحقیقات انجام شده این روش ستون ماسه باعث صرفه‌جویی در مصرف آب با افزایش هدایت هیدرولیکی ریزوسفر و در نتیجه بالا بردن راندمان آبیاری، بالا بردن راندمان استفاده از مواد مغذی، افزایش بهره‌وری مصرف آب با بهبود خصوصیات رشدی گیاه (ارتفاع، شاخص سطح برگ، بایوماس اندام هوایی و زیرزمینی)، حتی در شرایط محدودیت منابع آب و خاک می‌گردد.

نتیجه‌گیری

اهمیت موضوع بیابان‌زایی و تخریب سرزمین، حرکت ماسه‌های روان و گردوغبار و معضلات ناشی از آن‌ها، از یک طرف و کمبود روز افزون منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک در کشوری مثل ایران و رقابت شدید بین بخش‌های مختلف مصرف‌کننده آب (کشاورزی، صنعت و حتی شرب)، می‌طلبد که از منابع محدود آبی در پروژه‌های بیابان‌زدایی به صورت بهینه و با راندمان بسیار بالا استفاده گردد. مشکلات استقرار و زنده‌مانی نهال‌ها در پروژه‌های کنترل فرسایش بادی، سبب ارائه روش‌های نوینی، جهت برطرف نمودن این گونه مشکلات گردیده است، از جمله شیوه‌های آبیاری، آبیاری با استفاده از لوله‌های عمیق پولیکا و یا تکنیک ستون ماسه در اراضی با بافت متوسط تا سنگین و همچنین کاشت قلمه با استفاده از مته و واترجت در عرصه‌هایی با بافت سبک که می‌توان جزو روش‌هایی کاربردی‌تر در عرصه‌های بیابانی نام برد. با توجه به کمبود تحقیقات کاربردی در زمینه کنترل بیولوژیک فرسایش بادی و گردوغبار، وجود عرصه وسیع مناطق غبارخیز و ماسه‌های روان و کانون‌های بحرانی داخلی و خارج از کشور و همچنین مشکلات موجود در اجرای نهال‌کاری و قلمه‌کاری از قبیل هزینه‌های زیاد و مشکلات کمبود آب و خسارت‌های هنگفتی که هر ساله از طرف فرسایش بادی و هجوم گردوغبار متوجه منابع زیستی و اقتصادی می‌گردد و سبب هدررفت منابع پایه و تهدید سلامت افراد جامعه می‌شود، هر نوع سرمایه‌گذاری را برای یافتن روشی



جایگزین توجیه‌پذیر می‌نماید. شیوه‌های نوین نام برده در این تحقیق در کشور اجرا نشده و ضرورت دارد تا با توجه به مشکل زیادی که در بحث آبیاری گیاهان در عرصه‌های بیابانی وجود دارد، مورد تحقیق و اجرا قرار گیرد.

منابع و مآخذ

- ۱- بازگیر، م. سهرابی، ب. صیادیان، ک. (۱۳۹۴). "فناوری نوین واتر باکس برای احیای بیابان‌ها و مبارزه با گرد و غبار بدون استفاده از انرژی و آبیاری"، اولین کنفرانس بین المللی گردوغبار.
- ۲- جهان تیغ، منصور. (۱۴۰۰). "اثرات روش‌های آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطرهای بر رشد نهال توت در مناطق خشک (مطالعه موردی: منطقه سیستان)". مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۱(۲)، ۲۵-۳۵.
- ۳- رفاهی، ح. (۱۳۹۱). "فرسایش بادی و کنترل آن"، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۳۲ صفحه.
- ۴- زارع، س. (۱۳۹۴). "بررسی کارایی مالچ‌های رزین، معدنی، پلیمری و بیوپلیمری جهت تثبیت تپه‌های ماسه‌ای و امکان‌سنجی جایگزینی آن‌ها با مالچ نفتی"، رساله دکتری، دانشگاه تهران، ۵۲۷ صفحه.
- ۵- زارع، س. (۱۳۹۴). "گزارش سفر چین"، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳۶ صفحه.
- ۶- شاکریان، ن. زهتابیان، غ. زارع، م. خسروی، ح. (۱۳۹۶). "تعیین مهمترین معیارها و شاخص‌های مؤثر بر تخریب سرزمین و بیابانزایی"، مجله منابع طبیعی ایران دوره ۷۰ شماره ۲ صفحه ۳۵۸-۳۹۸.
- ۷- عبدی باباحیدری، ح. فتاحی، ر. نامدار خجسته، د. صمیمی شلمزاری، ز. (۱۳۹۶). "فناوری گرواسیس، راه حلی هیدرولوژیکی در کنترل پدیده بیابان‌زایی و گردوغبار". دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، شهرکرد.
- ۸- مرادی، ف. (۱۳۹۵). "فناوری کشت بدون آبیاری در اراضی خشک و بیابانی"، سامانه جهاد کشاورزی.
- ۹- ورشوساز، ک. مبارک، ح. (۱۳۹۰). "کنوانسیون بین‌المللی بیابان‌زدایی و مقابله با اثرات خشکسالی مورد کاوی: کشور ایران"، همایش ملی بوم‌های بیابانی، گردشگری و هنرهای محیطی، نجف آباد.

10- Ahmadi, H.; Khorasani, N.; Karami, M.; & S. Azarkar. (2003). Estimation of wind erosion in arid habitats in Khorasan (Case study: Sarakhs region), Journal of Environmental Science and Technology, 5(4): 19-28.

11- A. Fatima, M. Ashraf, J. Fripp. (2016). Drip Bucket Irrigation System for Small-Scale Agriculture. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)-Pakistan, pp. 41.

12- Bainbridge, David A.1 and Ramirez Almoril, Jose Javier. (2007). More efficient irrigation systems for desert and dryland restoration.

13- Bainbridge, D.A. (2001). Buried clay pot irrigation. Agricultural Water Management. 48(2):79-88.

14- Bainbridge DA. (2006). Deep pipe irrigation. Holualoa (HI): Agroforestry Net Inc. 8p. URL: <http://www.agroforestry.net/pubs/index.html> (accessed 15 May 2007).

15- Dehghanisani, Hossein and Zarei, Ghasem. (1390). Clay Pot Irrigation to Subsurface Drip Irrigation for Sustainable Agriculture in Arid and Semiarid Region, International Conference on Traditional Knowledge for Water Resources Management, Yazd, <https://civilica.com/doc/136319>.



- 16- Eswaran, H., Lal, R. and Reich, P.F. (2001). Land Degradation: An Overview. Responses to Land Degradation. Proceedings of the 2nd International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen. Oxford Press, New Delhi.
- 17- Faisal O'Keefe. (2014). in Design website, Sustainable, Technology.
- 18- Fripp, J. (2012). Low Cost Irrigation Technology. Fort Worth Power and Light Presentation Seminars.
- 19- Hashemi, Z., Javadi, M., Miri, A. (2011). Study of wind erosion intensity and its resulting sedimentation potential using IRIFR.E. A model in Zahak region of Sistan va Baloochestan province. Journal of natural resources scientific and technics, sixth years, 3 number, 31-41.
- 20- Maurice Picow. (2015). in Design, Green Tech and Gadgets.
- 21- Nordstrom K.F., Hotta S., 2004. Wind erosion from cropland in the USA: a review of problems, solutions and prospects. Geoderma, 121: 157-167.
- 22- Subramaniam, N and G. P. Chinappa. (2002). Remote sensing and GIS techniques for land degradation assessment due to water erosion, P 815-819. In: 17th WCSS, Thailand.
- 23- Shamshiri, S.; Jafari, R.; Soltani, S.; and S. Khajedin. (2014). The effects of dust phenomenon, The third national Conferences of wind erosion and dust storms, Scientific association of Management and Control of Iran desert regions, Yazd.
- 24- Satyalgopal, K. (2019). CRA Technique Method Guide (Climate Resilient Agriculture Water Conserving Root Zone Irrigation Technique (To grow Trees faster with less water)), 53pp.
- 25- The Buried Diffuser A real innovation for an efficient irrigation June. (2013). website <http://www.chahtech.com>
- 26- Watercone website. (2009). Available: www.thewatercone.com. <http://www.watercone.com/>